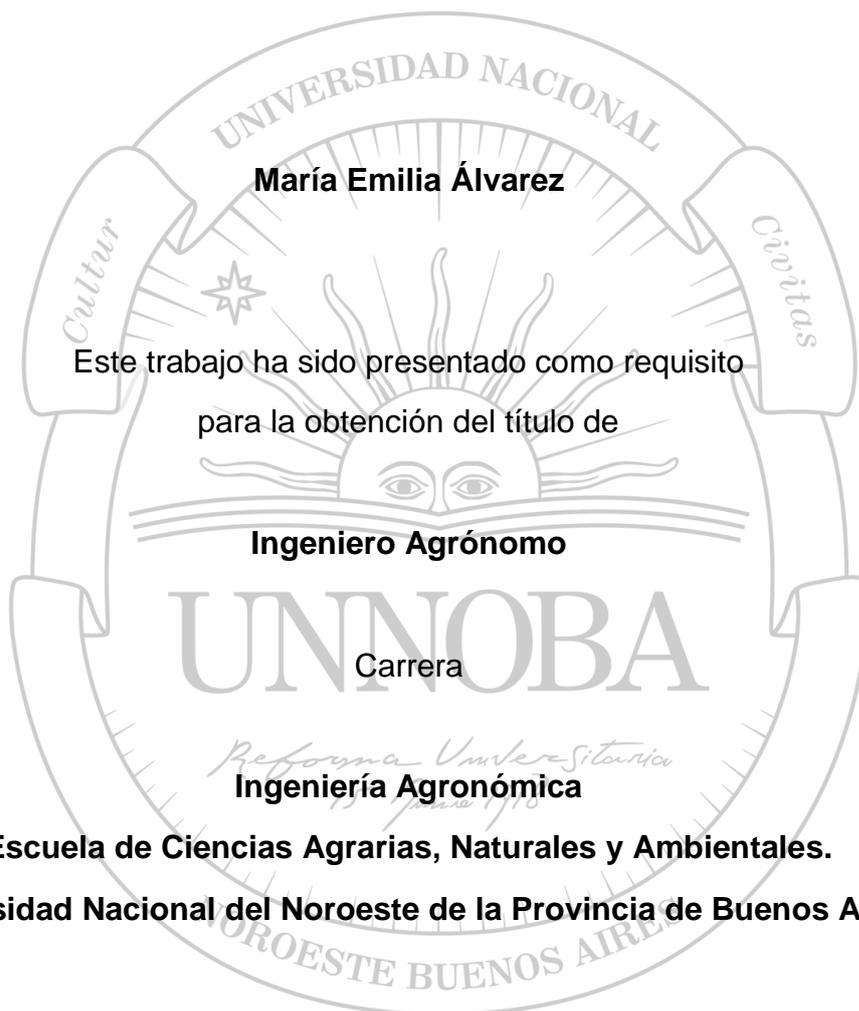


# USO DE UNA PROTEASA EN LA ALIMENTACIÓN DE POLLOS PARRILLEROS

Trabajo Final de Grado  
de la alumna



**María Emilia Álvarez**

Este trabajo ha sido presentado como requisito  
para la obtención del título de

**Ingeniero Agrónomo**

Carrera

**Ingeniería Agronómica**

**Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales.**

**Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires.**

Pergamino, 25 de abril de 2019

# USO DE UNA PROTEASA EN LA ALIMENTACIÓN DE POLLOS PARRILLEROS

Trabajo Final de Grado

de la alumna

**María Emilia Álvarez**

Aprobada por el Tribunal Evaluador

(Nombre y Apellido)  
**Evaluador**

(Nombre y Apellido)  
**Evaluador**

(Nombre y Apellido)  
**Evaluador**

Bernardo F. Iglesias  
**Director**

**Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales,  
Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires**

Pergamino, 25 de abril de 2019

# ÍNDICE

RESUMEN .....	1
INTRODUCCIÓN .....	3
La avicultura a nivel nacional e internacional .....	3
La nutrición de las aves .....	6
Las proteasas .....	9
HIPÓTESIS.....	11
OBJETIVO GENERAL .....	11
MATERIALES Y MÉTODOS .....	12
Aves .....	12
Lugar .....	12
Alimento.....	12
Diseño experimental .....	12
Tratamientos.....	13
Mediciones .....	14
Análisis estadístico .....	15
RESULTADOS.....	16
Consumo acumulado .....	16
Peso .....	17
Conversión alimenticia.....	18
Relación peso/conversión .....	19
DISCUSIÓN .....	21
Consumo acumulado .....	21
Peso .....	21
Conversión alimenticia.....	22
Relación peso/conversión .....	23
CONCLUSIÓN .....	24
BIBLIOGRAFÍA .....	24

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tratamientos .....	13
Tabla 2. Composición y aporte de nutrientes de las dietas experimentales.....	14
Tabla 3. Consumo acumulado de las aves con los diferentes tratamientos (g) .....	16
Tabla 4. Peso de las aves con los diferentes tratamientos (g).....	17
Tabla 5. Conversión alimenticia de los diferentes tratamientos (g/g).....	19
Tabla 6. Relación Peso/Conversión con los tratamientos evaluados.....	20

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Participación de Argentina en el mercado mundial de carne aviar sobre un total de 7,6 millones de toneladas .....	4
Figura 2. Distribución de la producción mundial de carne aviar sobre 66 millones de toneladas .....	5
Figura 3. Distribución de granjas avícolas de producción de carne en la República Argentina .....	6
Figura 4. Efecto dosis-respuesta de la proteasa sobre el peso de las aves a los 35 días de vida .....	18
Figura 5. Resumen de resultados zootécnicos al final del ensayo.....	20

## AGRADECIMIENTOS

*En primer lugar agradezco a Dios por haberme dado la vida y la bendición de nacer en una familia maravillosa que me dio el sustento necesario para llegar a cumplir mi meta. Agradezco a mis padres, por su gran apoyo moral y económico, pero por sobre todo su amor, confianza, sacrificio y ayuda incondicional. A mis hermanas, por su sostén y sabias palabras, que me ayudaron a vencer cada obstáculo en mi carrera estudiantil. A mi sobrino, que con sus risas y amor, me llena el alma de felicidad cada día. Y a los amigos que me acompañaron y estuvieron presentes en cada pequeño logro hasta alcanzar mi gran meta.*

*Mi sincero agradecimiento a la Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires por abrirme sus puertas y brindarme una sólida formación profesional, que me permitieron obtener el título de Ingeniera Agrónoma.*

*A mi Director, quien con su valioso y desinteresado apoyo, me brindó su guía y asesoramiento hasta culminar con éxito el presente trabajo.*

*Y con el más profundo dolor en mi alma, le agradezco y dedico este y todos mis logros al ser más maravilloso de mi vida, mi papá, Ricardo Alberto Alvarez.*

## RESUMEN

El costo del alimento ha aumentado en forma sostenida en los últimos años, por lo que resulta de interés buscar alternativas que permitan mejorar la eficiencia en el uso de los nutrientes, y en paralelo reducir el impacto ambiental generado por la producción animal. Para aumentar la digestibilidad de los nutrientes existen aditivos, entre los que se destacan las proteasas. En el presente estudio se evaluó el efecto de la suplementación con proteasas de dietas destinadas a la alimentación de pollos parrilleros basadas en maíz y harina de soja. Se utilizaron 525 pollitos BB de un día de vida de la línea Cobb-500 que fueron criados hasta los 35 días de edad. Se utilizó un diseño en bloques completos al azar, que incluyó 5 tratamientos con 7 repeticiones de 15 aves cada una. Los tratamientos fueron una dieta Control, una dieta Basal (con una reducción de 45 kcal/kg en energía metabolizable verdadera y 3% de Proteína Cruda y Aminoácidos), y tres niveles de proteasa, (250, 500 y 750 g/t) adicionados a la dieta Basal. Las variables consumo, peso, conversión alimenticia (consumo/peso) y la relación peso/conversión se relevaron semanalmente. A lo largo de toda la experiencia, las aves alimentadas con la dieta Control, presentaron un mejor desempeño productivo respecto de aquellas de la dieta Basal. Al comparar la dosis de 750 g/t de Proteasa vs la Basal sin enzima se observó que la suplementación enzimática mejoró en general el consumo (3661 vs 3581 g), peso (2246 vs 2189 g) y la relación peso/conversión (1378 vs 1338). Encontrándose, en la mayoría de los parámetros y edades analizadas una respuesta lineal al agregado de Proteasa. De estos resultados se desprende que, con el uso de una proteasa comercial, es posible mejorar el desempeño de las aves que consumen una dieta con menor contenido de energía, proteína cruda y aminoácidos. Sin embargo, una reducción de 45 kcal/kg en energía metabolizable verdadera y 3% de proteína cruda y aminoácidos en la dieta Basal sería excesiva para ser revertida

por los niveles de proteasa empleados (hasta 750 g/t), por lo que se deberían seguir realizando trabajos de investigación de dosis-respuesta con niveles más altos de proteasas hasta encontrar el *plateau* como respuesta de las aves.

# INTRODUCCIÓN

## LA AVICULTURA A NIVEL NACIONAL E INTERNACIONAL

La Avicultura en Argentina data desde mediados del siglo XIX, fecha en que llegaron las primeras aves a Colonia San José, Entre Ríos en 1857. Su desarrollo promovió el nacimiento de grandes empresas agroindustriales que hoy participan en la producción primaria, industrialización y comercialización de todos los productos que genera esta actividad (Palacios, 2003).

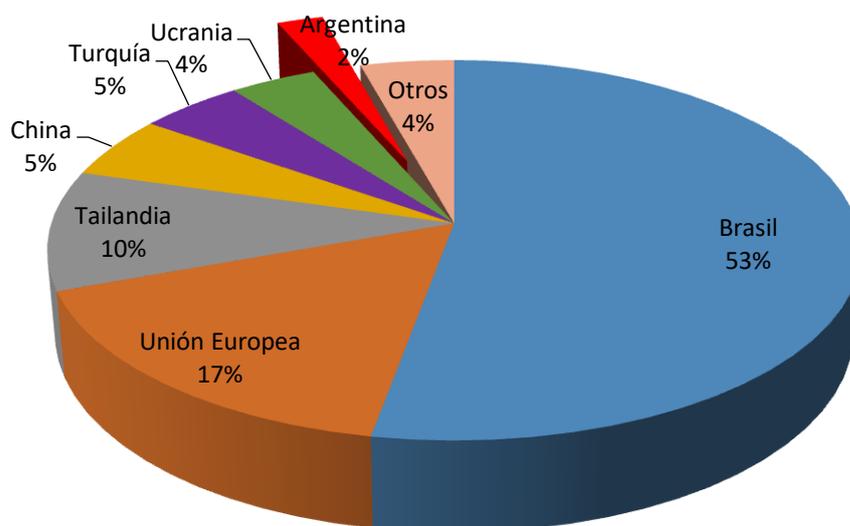
En la historia de la avicultura se diferencian dos etapas; la primera desde el inicio hasta la década del 60, que se caracterizó por la producción doméstica de cría a campo, con sistemas de explotación extensivo o semi-intensivo donde se utilizaban razas de doble propósito para la producción de carne y huevo, lo que generaba una producción estacional (alta en primavera – verano y baja en otoño – invierno), situación que creaba una gran variación en el precio del producto a lo largo del año (Palacios, 2003). La segunda etapa, es la agroindustrial, que se extiende de la década del 60 en adelante, donde la producción se caracteriza por un sistema de explotación intensivo con una mayor organización de las actividades, mejoras en la nutrición (uso de alimentos balanceados), avances tecnológicos, la incorporación de líneas de reproductores y la producción integrada (grandes empresas que integran todas las etapas del proceso productivo) (Palacios, 2003).

Con este sistema:

- se eliminó la estacionalidad de la producción,
- se redujo el tiempo destinado a la cría y engorde de animales,
- disminuyeron los gastos de alimentación,
- aumentó la producción, ya que es posible, dentro de una misma superficie, realizar mayor número de crianzas por año.

Sumado a esto, el aumento en el consumo de carne aviar por habitante, favoreció el crecimiento del sector. Con el correr de los años, la actividad creció paulatinamente en cuanto a producción y consumo interno y externo, gracias a la alta productividad y a la presencia de mercados expansivos y competitivos (Palacios, 2003).

Hasta hace pocos años, la producción estaba liderada por los países más desarrollados del mundo. En la actualidad, dicha producción se encuentra dividida, con gran participación de los países de América Latina, especialmente Brasil que posee un gran porcentaje de la producción mundial y es el mayor exportador del mundo de carne aviar (Figura 1; USDA, 2017).

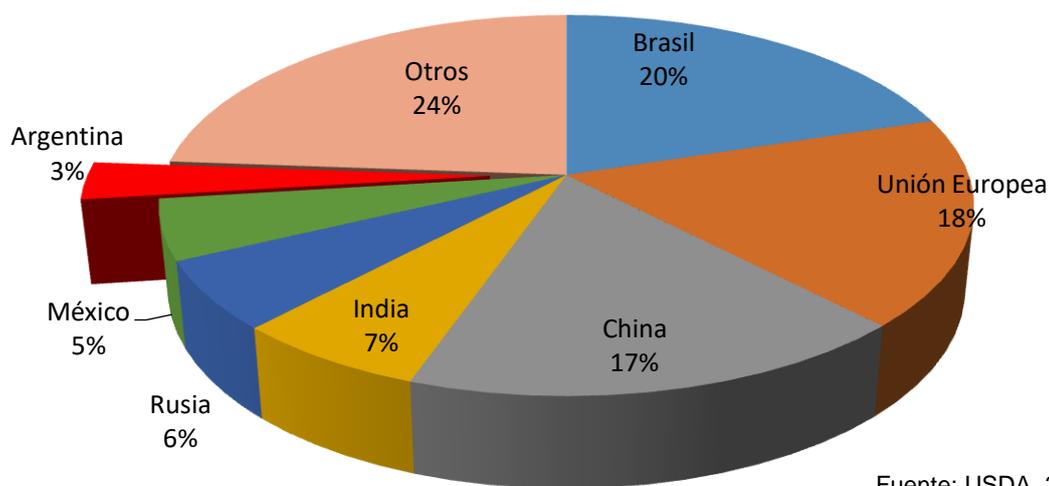


Fuente: USDA, 2017.

**Figura 1.** Participación de Argentina en el mercado mundial de carne aviar sobre un total de 7,6 millones de toneladas

Actualmente, la avicultura nacional representa una producción competitiva que faena 722 millones de aves/año, con un consumo de 44,08 kg/hab/año en el año 2017 (MinAgro, 2018), y exportaciones a 60 países. Genera 25.000 puestos de trabajo y brinda al mercado un producto de primera calidad (Barucca, 2016).

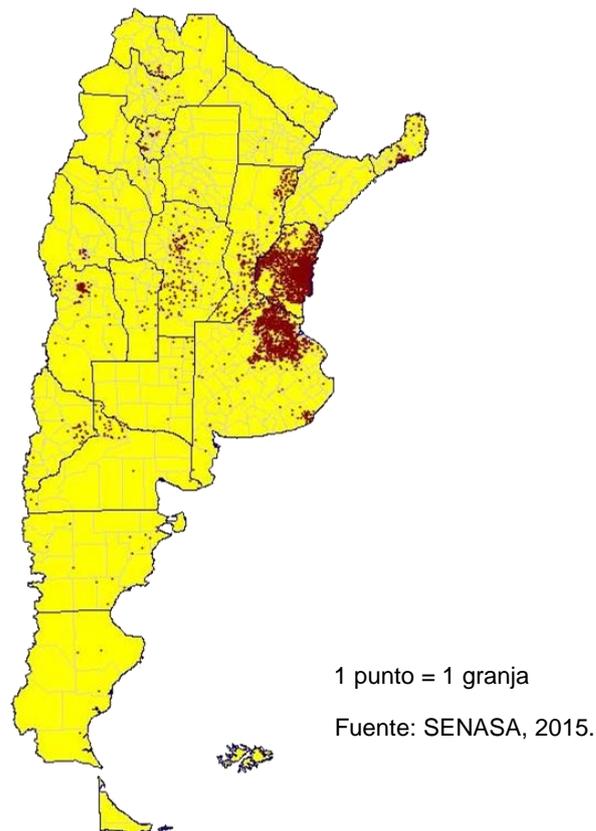
Si bien, Argentina ocupa el séptimo lugar como productor mundial (Figura 2, USDA, 2017), es un país que posee excelentes oportunidades debido a su gran capacidad de producción de materias primas destinadas a la elaboración de alimentos balanceados, evolución tecnológica del sector y aumento del consumo interno, por lo que se considera una industria en creciente expansión en nuestro país.



Fuente: USDA, 2017.

**Figura 2.** Distribución de la producción mundial de carne aviar sobre 66 millones de toneladas

La producción avícola argentina se encuentra distribuida en un extenso territorio geográfico, coincidiendo con los puntos de mayor producción de cereales y oleaginosas y con los principales centros de consumo (Figura 3; SENASA, 2015). Siendo Buenos Aires y Entre Ríos, las provincias que lideran no sólo la producción de carne, sino también de huevos y derivados (Palacios, 2003).



**Figura 3.** Distribución de granjas avícolas de producción de carne en la República Argentina

En avicultura, la alimentación representa el 70% del costo de producción (Leczneski, 2015), cuyo principal objetivo, es obtener el mayor rendimiento con la mínima cantidad de alimentos (lograr un buen índice de conversión), obteniendo mayor eficiencia en el uso de nutrientes y menos desperdicios (ViceMinGan, 2012).

## LA NUTRICIÓN DE LAS AVES

En general, los requerimientos nutricionales de los pollos parrilleros varían con la edad, estatus-sanitario, sexo y condición ambiental. Si bien no cambian bruscamente en un corto período de tiempo, una de las estrategias más utilizadas para optimizar los recursos alimenticios consiste en realizar un plan de alimentación dividido en diferentes fases, de tal manera que se puedan cubrir los requerimientos lo mejor posible. Desde un punto de vista teórico, cuanto mayor sea el número de dietas que

se suministren, se estará más cerca de satisfacer los requerimientos reales de las aves. En la práctica, el número de dietas depende de los recursos económicos y de la logística de cada productor. Existe la tendencia de suministrar de 3 a 5 fases, que incluyen mínimamente dietas de iniciación, crecimiento y terminación (Cobb, 2018).

No obstante, el crecimiento alcanzado por las aves, no sólo depende de la alimentación, sino también de la digestibilidad de los ingredientes, el grado de absorción de los nutrientes y su posterior utilización (Nagashiro, 2008).

Entre los ingredientes que forman parte de los alimentos balanceados se encuentran los subproductos proteicos de origen vegetal, que son la principal fuente de proteínas y aminoácidos. La harina de soja, es uno de los ingredientes de origen vegetal más utilizado en las dietas avícolas de todo el mundo por su alta concentración proteica.

La industria de alimentos balanceados para animales, considera que el contenido de aminoácidos digestibles de la harina de soja se mantiene constante, independientemente de variables tales como el origen, genotipo, procesamiento y condiciones de almacenamiento. Sin embargo, varios autores demostraron que el contenido y disponibilidad de nutrientes de este ingrediente, varían en función del genotipo, la localidad y el ambiente en los cuales originalmente se implanta el cultivo (Palacios *et al.*, 2004; Goldflus *et al.*, 2006; de Coca-Sinova *et al.*, 2008).

Adicionalmente, la harina de soja, presenta una baja concentración de metionina (aminoácido esencial y primer aminoácido limitante en la nutrición de aves) (McDonald *et al.*, 1995) y alta de factores antinutricionales, tales como los inhibidores de proteasas, lectinas, oligosacáridos, fitatos, entre otros que afectan la digestión de numerosos nutrientes, entre ellos, las proteínas (Charrière, 2014).

En cuanto a las proteínas de subproductos de origen animal (harina de carne y hueso), la calidad y digestibilidad varía en función del tipo de componente de la canal y los métodos y temperaturas de elaboración que se utilizan en cada caso (Parsons *et al.*, 1997; Wang & Parsons, 1998).

Más allá de la variabilidad de estos ingredientes, el costo de las dietas muestra una tendencia creciente, aspecto que se ha intensificado en los últimos años, lo que genera mayor interés en los nutricionistas por buscar alternativas que permitan mejorar la eficiencia en el uso de los nutrientes. En paralelo, aumenta la preocupación de la opinión pública con respecto al impacto ambiental de la producción animal y también la necesidad de reducir los residuos generados por esta actividad (Ángel *et al.*, 2011). Por lo que surge la necesidad de contar con aditivos capaces de aumentar la digestibilidad de los nutrientes, entre los que se destacan las enzimas como fitasas, carbohidrasas y proteasas (Nagashiro, 2008).

El uso de mezclas enzimáticas que contienen proteasas (Petterson & Åman, 1989; Zanella *et al.*, 1999; Cowieson & Ravindran, 2008) o proteasas puras en la alimentación de las aves (Kamel *et al.*, 2015) genera mejoras en el desempeño de estas, indicando que las aves jóvenes pueden ser deficientes en ciertas enzimas endógenas (Gracia *et al.*, 2003). Por lo que cantidades valiosas de proteínas suministradas atraviesan el TGI sin ser completamente digeridas (Parsons *et al.*, 1997; Wang & Parsons, 1998; Lemme *et al.*, 2004). Ésta proteína no digerida, representa una oportunidad para el uso de proteasas exógenas en la dieta de pollos parrilleros.

El uso de una enzima apropiada puede degradar parcialmente las paredes celulares del endosperma de los ingredientes, proporcionando una digestión más rápida y extensa de almidón, proteína y otros nutrientes en el intestino delgado del

ave, y consecuentemente un mayor consumo de alimento y una mejor eficiencia de conversión alimenticia (Odetallah *et al.*, 2005).

## LAS PROTEASAS

El uso de proteasas para mejorar el desempeño de las aves, no es un concepto nuevo y ha sido ampliamente estudiado (Bedford, 2000; Selle *et al.*, 2000; Acamovic, 2001; Cowieson, 2005).

Las proteasas exógenas, también llamadas *proteinasas* o *peptidasas*, son enzimas encargadas de degradar proteínas. Remueven sucesivamente aminoácidos desde el extremo N-terminal o C-terminal, favoreciendo su digestión y absorción. Su acción puede ser por medio de una proteólisis limitada (ruptura de aminoácidos específicos, sin llegar a destruir toda la proteína), o de una proteólisis ilimitada en el caso de hidrolizar completamente las proteínas llegando a aminoácidos (Llerena Suster, 2011).

De esta manera complementan la actividad de las enzimas digestivas (pepsina, tripsina y otras proteasas pancreáticas e intestinales). Incluso, hay autores que indican que las proteasas son eficaces en la inactivación de factores antinutricionales presentes en algunos de los ingredientes de las dietas (Bedford, 2000).

Mientras algunas publicaciones sobre proteasas indican resultados inconsistentes (Marsman *et al.*, 1997), otras muestran mejoras en el rendimiento de las aves, tales como un mayor aprovechamiento en la utilización de la energía y nitrógeno de la dieta (Ghazi *et al.*, 2003). Sin embargo, a pesar que la eficacia de dichas proteasas ya ha sido determinada, todavía existe cierta incertidumbre con respecto a su modo de acción. Además, las interacciones entre enzima-animal

anfitrión, la microflora, y los ingredientes de la dieta, aún no están completamente establecidas (Bedford, 2000).

Otra de las ventajas que se ha encontrado con el uso de proteasas es el aumento en el grosor de la capa de mucus del TGI, reduciendo el efecto de infecciones por coccidios, y de esta manera, mejorando la ganancia de peso de los animales (Peek *et al.*, 2008).

De este modo, el uso de proteasas en la dieta de pollos parrilleros, implica:

1. mayor uso y eficiencia de la proteína ingerida,
2. dietas con menor contenido de proteína bruta,
3. reducción en el efecto de factores antinutricionales,
4. disminución en la excreción de nitrógeno a la cama y al medio ambiente,
5. disminución en el consumo de agua por parte de las aves,
6. mejor calidad de las deyecciones y de la cama,
7. optimización del bienestar de los animales,
8. mejor rendimiento productivo de las aves,
9. menor número de lesiones cutáneas y, por consiguiente, mejor calidad de la canal (Martínez-Alesón Sanz *et al.*, 2010).

Para que una proteasa ejerza todas las funciones que posee, ésta debe mantenerse estable durante el proceso de preparación de la dieta y dentro del tracto digestivo del animal para complementar la acción de las propias proteasas del ave (Smith & Martínez-Alesón, 2012).

En base a esta información, se evaluó el uso de una proteasa comercial sobre el desempeño de las aves.

## **HIPÓTESIS**

El uso de una proteasa permite bajar los niveles de proteína y energía en la dieta sin perjudicar el desempeño de las aves.

## **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el efecto del uso de diferentes dosis de una proteasa comercial en dietas para pollos parrilleros sobre el desempeño de las aves.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### AVES

Se emplearon 525 pollitos BB machos de la línea Cobb-500, provenientes del establecimiento Malacate perteneciente a la empresa Granja Tres Arroyos SA.

### LUGAR

La prueba se realizó en la Sección Aves del INTA-Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Pergamino, en un galpón abierto con cortinas laterales y ambiente controlado automáticamente por el uso de ventiladores, rociadores y campanas. Las aves se alojaron a piso sobre cama nueva de viruta de madera de pino blanco.

### ALIMENTO

La alimentación de las aves se dividió en 3 fases, a saber, Iniciador (de 1 a 7 días), Crecimiento (de 8 a 21 días) y Terminador (de 22 a 35 días). El alimento fue suministrado *ad-libitum* en forma de harina, elaborado en la planta de alimentos balanceados de la Sección Aves del INTA-EEA Pergamino. En tanto que el agua se suministró *ad-libitum* a través de un sistema cerrado de *nipples*.

### DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un diseño en bloques completos al azar que contó con 5 tratamientos con 7 repeticiones de 15 aves cada una. Donde cada lote fue considerado la unidad experimental. El criterio de bloque fue en sentido longitudinal del galpón, dadas las diferentes condiciones medioambientales que se dan a lo largo del mismo.

## TRATAMIENTOS

En base a la sugerencia por parte de la empresa proveedora de la proteasa, se definió una dieta Basal con -45 kcal/kg en EMV; -3% en PC y AA y se emplearon dosis crecientes del producto comercial (Tabla 1).

**Tabla 1.** Tratamientos

Tratamiento	Descripción
1.- Control	Según recomendaciones de la línea genética (Cobb, 2018)
2.- Basal	Basal (-45 kcal/kg en EMV; -3% en PC y AA)*
3.- Basal+250 Prot	Basal + 250 g/t de proteasa
4.- Basal+500 Prot	Basal + 500 g/t de proteasa
5.- Basal+750 Prot	Basal + 750 g/t de proteasa

EMV: Energía Metabolizable Verdadera; PC: Proteína Cruda; AA: Aminoácidos. \*En función a estudios previos realizados en el laboratorio de la empresa proveedora.

En base a los tratamientos planteados las dietas se formularon siguiendo las recomendaciones de la línea genética (Cobb, 2018) empleando el software de programación lineal N-utrition 2.0 (DAPP, 2003; Tabla 2).

**Tabla 2.** Composición y aporte de nutrientes de las dietas experimentales

Ingredientes (%)	Iniciador		Crecimiento		Terminador	
	T1	T2 a T5	T1	T2 a T5	T1	T2 a T5
Maíz	55,70	58,70	60,39	63,24	63,31	66,00
Soja Harina 44	28,54	26,58	19,75	17,92	15,94	14,23
Soja Poroto Extr.	10,26	10,26	14,48	14,48	15,66	15,66
Fosfato 21P–15Ca	1,73	1,74	1,68	1,69	1,56	1,57
Sal	0,49	0,49	0,41	0,41	0,38	0,38
Aceite	1,06		1,05		1,00	
Conchilla	1,63	1,64	1,58	1,60	1,50	1,51
DL Metionina	0,22	0,21	0,23	0,22	0,24	0,23
Premix	0,20	0,20	0,20	0,20	0,15	0,15
Lisina	0,07	0,08	0,12	0,13	0,15	0,16
Treonina			0,01	0,01	0,03	0,03
Coccidiostato	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Colina	0,05	0,05	0,05	0,05	0,03	0,03
<b>Nutrientes calculados (%)</b>						
EMV (Kcal/Kg)	3288	3243	3383	3338	3426	3381
Lípidos	5,30	4,37	5,99	5,07	6,19	5,30
Proteínas	21,00	20,37	19,00	18,43	18,00	17,46
Lisina	1,20	1,16	1,10	1,07	1,05	1,02
Met + Cis	0,89	0,86	0,84	0,81	0,82	0,80
Treonina	0,82	0,79	0,74	0,72	0,72	0,70
Arginina	1,40	1,34	1,24	1,19	1,15	1,10
Lisina Dig.	1,12	1,08	1,03	1,00	0,99	0,96
Met + Cis Dig.	0,83	0,80	0,78	0,76	0,77	0,74
Treonina Dig.	0,73	0,70	0,66	0,64	0,64	0,62
Ca	1,00	1,00	0,96	0,96	0,90	0,90
Fósforo disponible	0,50	0,50	0,48	0,48	0,45	0,45

EMV: Energía Metabolizable Verdadera.

## MEDICIONES

**Consumo:** semanalmente se pesaron las tolvas y se calculó el consumo acumulado del lote considerando la mortalidad empleando el concepto de ave-día, ej. si en el lote hay 15 aves, en 7 días habrá 105 ave-día, si un ave muere 3 días antes de cumplirse la semana, ese lote tendrá 102 ave-día en lugar de 105.

**Peso corporal:** las aves fueron pesadas semanalmente de forma individual, y también se calculó el peso promedio del lote. Esto permitió poder identificar y eliminar aves con problemas no atribuibles a los tratamientos (ej. desviaciones de patas).

**Conversión:** con los datos de consumo y peso se calculó la conversión alimenticia acumulada (kg de alimento/kg de peso vivo).

**Peso/Conversión:** se calculó esta variable como una simplificación del Factor de Eficiencia Productiva Europeo (EFEP) o también llamado Índice de Eficiencia Europeo (IEE). Cuanto más alto su valor, mejor y más eficiente ha sido el rendimiento técnico/eficiencia de la granja en cuestión (Rojas Oviedo, 2009).

**Mortalidad:** se registró diariamente y se utilizó para corregir el consumo.

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los resultados fueron sometidos a análisis de la varianza utilizando el software InfoSTAT® (Di Rienzo *et al.*, 2012). Cuando se obtuvieron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ), las medias se compararon mediante la prueba de Rangos Múltiples de Duncan.

## RESULTADOS

### CONSUMO ACUMULADO

Las aves del tratamiento Control consumieron más alimento que aquellas del tratamiento Basal, siendo estas diferencias significativas a partir de los 21 días de vida ( $P \leq 0,05$ ; Tabla 3).

El agregado de Proteasa generó un aumento en el consumo de alimento respecto del tratamiento Basal a partir de los 21 días, con diferencias significativas a los 28 y 35 días con la dosis de 500 g/t y solo a los 35 días con la dosis de 750 g/t ( $P \leq 0,05$ ). Observándose una respuesta lineal al agregado de Proteasa a los 28 y 35 días ( $P \leq 0,05$ ).

Independientemente de la dosis de Proteasa, las aves del tratamiento Control, consumieron más alimento que las demás a partir de los 14 días ( $P \leq 0,05$ ).

**Tabla 3.** Consumo acumulado de las aves con los diferentes tratamientos (g)

Tratamientos	Edad (días)				
	7	14	21	28	35
1.-Control	135	537 <sup>a</sup>	1250 <sup>a</sup>	2363 <sup>a</sup>	3704 <sup>a</sup>
2.-Basal	134	530 <sup>ab</sup>	1207 <sup>b</sup>	2280 <sup>c</sup>	3581 <sup>b</sup>
3.-Basal+250 Prot	132	521 <sup>b</sup>	1210 <sup>b</sup>	2304 <sup>bc</sup>	3643 <sup>ab</sup>
4.-Basal+500 Prot	133	529 <sup>ab</sup>	1229 <sup>ab</sup>	2340 <sup>ab</sup>	3658 <sup>a</sup>
5.-Basal+750 Prot	136	526 <sup>b</sup>	1220 <sup>b</sup>	2322 <sup>abc</sup>	3661 <sup>a</sup>
<i>Probabilidad</i>	<i>0,13</i>	<i>0,05</i>	<i>&lt;0,01</i>	<i>&lt;0,01</i>	<i>0,01</i>
<i>Contrastes</i>					
<i>Control vs demás</i>	<i>0,31</i>	<i>0,01</i>	<i>&lt;0,01</i>	<i>&lt;0,01</i>	<i>0,01</i>
<i>Rta Lineal</i>	<i>0,19</i>	<i>0,88</i>	<i>0,13</i>	<i>0,02</i>	<i>0,02</i>
<i>Rta Cuadrática</i>	<i>0,04</i>	<i>0,42</i>	<i>0,45</i>	<i>0,15</i>	<i>0,20</i>
CV%	1,1	1,8	1,8	1,6	1,6

Medias en una misma columna con distinta letra difieren significativamente ( $P \leq 0,05$ ).

## PESO

Las aves del tratamiento Control resultaron más pesadas respecto de aquellas del tratamiento Basal, con diferencias significativas a partir de los 14 días ( $P \leq 0,05$ ; Tabla 4).

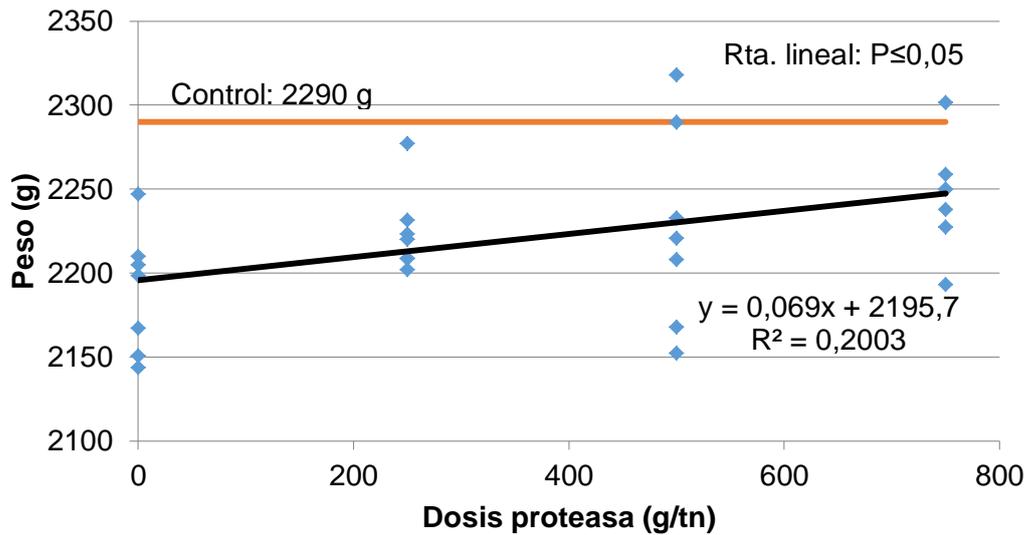
El agregado de Proteasa generó un aumento en el peso de las aves respecto de aquellas que consumieron el tratamiento Basal. Con la dosis de 500 g/t, las diferencias resultaron significativas entre los 21 y 28 días ( $P \leq 0,05$ ), en tanto que con la dosis de 750 g/t, las diferencias resultaron significativas a partir de los 21 días y hasta el final de la prueba ( $P \leq 0,05$ ). Con la dosis de 250 g/t de Proteasa no se observaron diferencias respecto de la Basal ( $P > 0,05$ ). Encontrándose una respuesta lineal al agregado de Proteasa a partir de los 21 días ( $P \leq 0,05$ , Figura 4).

Independientemente de la dosis de Proteasa, las aves de la dieta Control fueron más pesadas respecto de los demás tratamientos a partir de los 14 días y hasta el final de la prueba ( $P \leq 0,05$ ).

**Tabla 4.** Peso de las aves con los diferentes tratamientos (g)

Tratamientos	Edad (días)				
	7	14	21	28	35
1.-Control	164	425 <sup>a</sup>	895 <sup>a</sup>	1562 <sup>a</sup>	2290 <sup>a</sup>
2.-Basal	161	405 <sup>b</sup>	835 <sup>c</sup>	1472 <sup>c</sup>	2189 <sup>c</sup>
3.-Basal+250 Prot	161	401 <sup>b</sup>	842 <sup>bc</sup>	1485 <sup>bc</sup>	2225 <sup>bc</sup>
4.-Basal+500 Prot	161	405 <sup>b</sup>	857 <sup>b</sup>	1507 <sup>b</sup>	2227 <sup>bc</sup>
5.-Basal+750 Prot	163	405 <sup>b</sup>	859 <sup>b</sup>	1512 <sup>b</sup>	2246 <sup>b</sup>
<i>Probabilidad</i>	<i>0,69</i>	<i>&lt;0,01</i>	<i>&lt;0,01</i>	<i>&lt;0,01</i>	<i>&lt;0,01</i>
<i>Contrastes</i>					
<i>Control vs demás</i>	<i>0,29</i>	<i>&lt;0,01</i>	<i>&lt;0,01</i>	<i>&lt;0,01</i>	<i>&lt;0,01</i>
<i>Rta Lineal</i>	<i>0,59</i>	<i>0,63</i>	<i>&lt;0,01</i>	<i>&lt;0,01</i>	<i>0,01</i>
<i>Rta Cuadrática</i>	<i>0,44</i>	<i>0,46</i>	<i>0,66</i>	<i>0,71</i>	<i>0,56</i>
CV%	1,7	1,7	2,0	1,9	1,7

Medias en una misma columna con distinta letra difieren significativamente ( $P \leq 0,05$ ).



**Figura 4.** Efecto dosis-respuesta de la proteasa sobre el peso de las aves a los 35 días de vida

## CONVERSIÓN ALIMENTICIA

Las aves del tratamiento Control presentaron una mejor conversión que aquellas del tratamiento Basal, siendo estas diferencias significativas entre los 21 y 28 días de vida ( $P \leq 0,05$ ; Tabla 5).

El tratamiento con 750 g/t de Proteasa (entre los días 21 y 28 de vida) fue el que más se acercó al Control ( $P > 0,05$ ), pero no logró diferenciarse de la Basal ( $P > 0,05$ ). Solo se encontró una respuesta lineal al agregado de Proteasa a los 21 días.

Independientemente de la dosis de Proteasa, el tratamiento Control difirió de los demás tratamientos entre los 14 y 28 días de vida ( $P \leq 0,05$ ).

**Tabla 5.** Conversión alimenticia de los diferentes tratamientos (g/g)

Tratamientos	Edad (días)				
	7	14	21	28	35
1.-Control	0,823	1,266	1,397 <sup>b</sup>	1,513 <sup>b</sup>	1,618
2.-Basal	0,830	1,309	1,447 <sup>a</sup>	1,549 <sup>a</sup>	1,636
3.-Basal+250 Prot	0,822	1,300	1,437 <sup>a</sup>	1,552 <sup>a</sup>	1,638
4.-Basal+500 Prot	0,830	1,306	1,435 <sup>a</sup>	1,553 <sup>a</sup>	1,643
5.-Basal+750 Prot	0,833	1,299	1,421 <sup>ab</sup>	1,536 <sup>ab</sup>	1,631
<i>Probabilidad</i>	<i>0,83</i>	<i>0,08</i>	<i>&lt;0,01</i>	<i>0,01</i>	<i>0,54</i>
<i>Contrastes</i>					
<i>Control vs demás</i>	<i>0,54</i>	<i>&lt;0,01</i>	<i>&lt;0,01</i>	<i>&lt;0,01</i>	<i>0,13</i>
<i>Rta Lineal</i>	<i>0,60</i>	<i>0,62</i>	<i>0,05</i>	<i>0,31</i>	<i>0,81</i>
<i>Rta Cuadrática</i>	<i>0,53</i>	<i>0,96</i>	<i>0,77</i>	<i>0,28</i>	<i>0,52</i>
CV%	1,7	2,3	1,6	1,4	1,7

Medias en una misma columna con distinta letra difieren significativamente ( $P \leq 0,05$ ).

## RELACIÓN PESO/CONVERSIÓN

Las aves del tratamiento Control tuvieron una mejor relación peso/conversión que aquellas del tratamiento Basal a lo largo de toda la prueba, siendo estas diferencias significativas de los 14 días en adelante ( $P \leq 0,05$ ; Tabla 6).

El agregado de Proteasa mostró diferencias significativas respecto del tratamiento Basal con la dosis de 750 g/t solo a los 21 días ( $P \leq 0,05$ ), pero no alcanzó al Control ( $P > 0,05$ ); para terminar a los 35 días en un punto intermedio entre el Control y Basal ( $P > 0,05$ ). Encontrándose una respuesta lineal al agregado de Proteasa entre los 21 y 28 días ( $P \leq 0,05$ ).

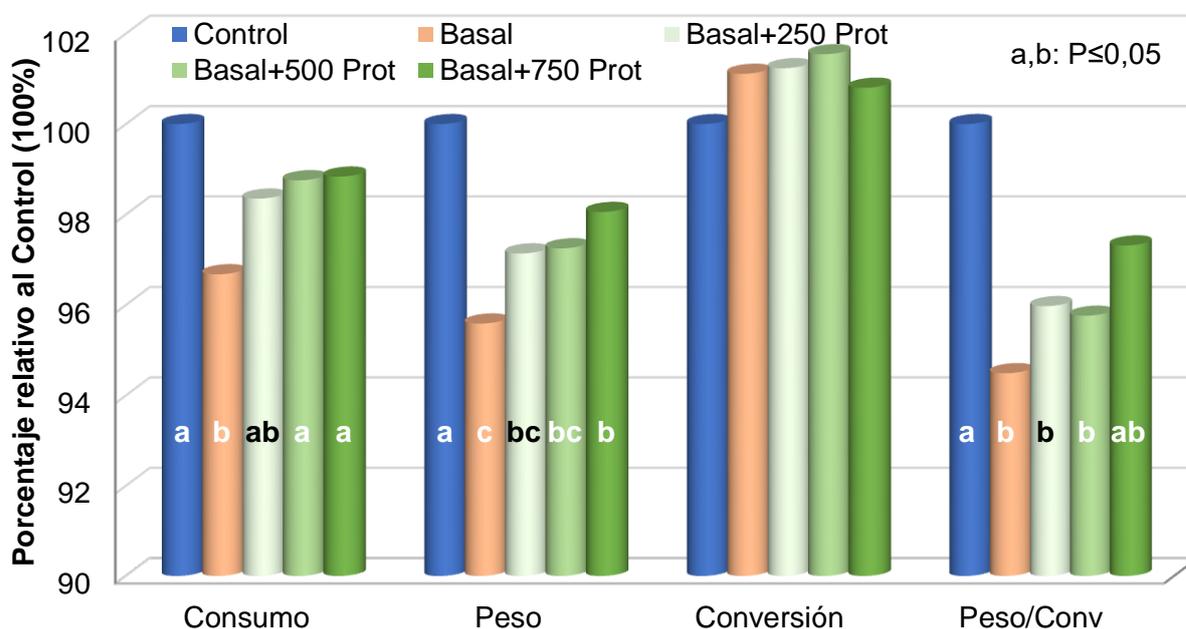
Independientemente de la dosis de Proteasa empleada, la dieta Control presentó mejor relación peso/conversión respecto de los demás tratamientos a partir de los 14 días ( $P \leq 0,05$ ).

**Tabla 6.** Relación Peso/Conversión con los tratamientos evaluados

Tratamientos	Edad (días)				
	7	14	21	28	35
1.-Control	199	335 <sup>a</sup>	641 <sup>a</sup>	1033 <sup>a</sup>	1416 <sup>a</sup>
2.-Basal	195	310 <sup>b</sup>	577 <sup>c</sup>	951 <sup>b</sup>	1338 <sup>b</sup>
3.-Basal+250 Prot	196	309 <sup>b</sup>	586 <sup>bc</sup>	957 <sup>b</sup>	1359 <sup>b</sup>
4.-Basal+500 Prot	194	310 <sup>b</sup>	597 <sup>bc</sup>	971 <sup>b</sup>	1356 <sup>b</sup>
5.-Basal+750 Prot	196	312 <sup>b</sup>	605 <sup>b</sup>	984 <sup>b</sup>	1378 <sup>ab</sup>
<i>Probabilidad</i>	0,89	<0,01	<0,01	<0,01	0,02
<i>Contrastes</i>					
Control vs demás	0,39	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Rta Lineal	0,97	0,59	<0,01	0,03	0,11
Rta Cuadrática	0,93	0,75	0,88	0,75	0,97
CV%	3,2	3,5	3,1	2,9	3,0

Medias en una misma columna con distinta letra difieren significativamente ( $P \leq 0,05$ ).

En términos generales, se puede observar que, a los 35 días las aves mostraron diferencias significativas en las variables consumo, peso y relación peso/conversión, entre el tratamiento Control y Basal, con respuesta lineal al agregado de Proteasa (Figura 5).

**Figura 5.** Resumen de resultados zootécnicos al final del ensayo

Indicadores zootécnicos de los distintos tratamientos a los 35 días de vida relativos al Control (100%).

## DISCUSIÓN

### CONSUMO ACUMULADO

En referencia al consumo acumulado, se encontró que el tratamiento Control presentó mayor consumo que el resto de los tratamientos a todas las edades. También se halló que a mayores dosis de proteasas, mayor consumo de alimento, lo cual coincide con los trabajos de Petterson & Åman (1989) y Odetallah *et al.*, (2003; 2005) donde encontraron aumentos en el consumo acumulado de alimento debido al empleo de suplementos enzimáticos. Este mayor consumo podría deberse a un aumento en la digestibilidad de las dietas, con mayor eficiencia en la digestión y un consecuente aumento en la capacidad de ingesta de alimento (Cowieson & Ravindran, 2008).

En tanto que, Mahagna *et al.* (1995) y posteriormente Cowieson y Ravindran (2008) no encontraron efecto alguno sobre el consumo de alimento debido al uso de una proteasa. Sin embargo, Mahagna *et al.* (1995) mencionan un aumento en el pasaje de alimento, lo que podría explicar el sobreconsumo observado en el presente experimento.

### PESO

En el presente estudio se observó que el peso de las aves alimentadas con la dieta Basal con inclusión de proteasa fue mayor que el de aquellas con la dieta Basal. Estos resultados coinciden con lo reportado por otros autores (Waldroup *et al.*, 2002; Cowieson & Ravindran, 2008; Rojas Oviedo, 2009) donde hallaron un incremento en el peso de las aves al suplementarlas con complejos enzimáticos que contenían proteasa y con Odetallah *et al.* (2003) al suministrar diferentes dosis de una proteasa (queratinasa) en una dieta a base de maíz y soja.

En todos los casos, el peso corporal tendió a aumentar conforme se incrementa la dosis de enzimas/tratamiento enzimático, lo cual también coincide con los resultados obtenidos en el actual estudio. Dicha respuesta podría deberse a que estas enzimas son proteasas de amplio espectro e hidrolizan a las proteínas en moléculas más pequeñas y simples, que resultan más fáciles de degradar por las enzimas digestivas del ave (Odetallah *et al.*, 2003). Por lo que, un aumento en la concentración enzimática generaría una mayor disponibilidad de proteína y demás nutrientes que el complejo libera, y por lo tanto, aumenta la ganancia de peso (Rojas Oviedo, 2009). De esta manera, un aumento en la eficiencia de digestión permitiría destinar más energía al crecimiento (Zanella, 1999; Cowieson & Ravindran, 2008).

En el presente estudio se llegó a observar una respuesta lineal a la suplementación con proteasas a partir de los 21 días. Esto es consistente con los informes de Petterson & Åman (1989). Lo que haría pensar que no se llegó a la dosis máxima de proteasa donde el peso de las aves llegue a un *plateau*.

## CONVERSIÓN ALIMENTICIA

En cuanto a la conversión alimenticia, en el presente estudio se encontró que el tratamiento con mayor dosis de Proteasa fue el que más se acercó al tratamiento Control entre los 21 y 28 días de edad, sin llegar a diferenciarse del tratamiento Basal.

Estos resultados se asemejan a los de Romero Orellana (2008) que encontró mejoras en la conversión alimenticia ante la inclusión de un complejo enzimático, en dietas a base de maíz o sorgo y harina de soja, con niveles normales y con menor contenido de energía metabolizable y proteína cruda.

Por su parte, Rojas Oviedo (2009) encontró un efecto dosis-respuesta lineal a los 21 días de vida ante el uso de un complejo enzimático que contenía proteasa en

su composición. En el presente ensayo, solo se observó esta respuesta lineal a los 21 días, mientras que en las demás edades no se encontró este tipo de respuesta al agregado de Proteasa.

En tanto que, Odetallah *et al.* (2003) sólo hallaron mejoras significativas en conversión alimenticia en uno de sus tratamientos de baja proteína suplementado con Proteasas; mientras que Petterson & Åman (1989) observaron mejoras en la conversión alimenticia debido a la suplementación enzimática en los períodos 1 a 15 y 1 a 27, pero no en el período 15 a 27, donde solo se observó una tendencia a la mejora. Por el contrario, Waldroup *et al.* (2002), por cuestiones que no pudieron establecer, hallaron peor conversión con el uso de un complejo enzimático con proteasa.

## RELACIÓN PESO/CONVERSIÓN

En este estudio se encontró que el tratamiento con mejor relación peso/conversión fue el de mayor dosis de Proteasa (750 g/t), que mostró diferencias significativas respecto del tratamiento Basal sólo a los 21 días, pero sin alcanzar al Control; para terminar a los 35 días en un punto intermedio entre los tratamientos Control y Basal.

Mientras que Rojas Oviedo (2009) encontró más eficiente al tratamiento con dosis intermedia; y Romero Orellana (2008) obtuvo los mejores resultados con el único tratamiento de 500 g/t de complejo enzimático sobre una dieta con 3,5% menos de proteína cruda y energía metabolizable. Al igual que en el presente trabajo, el tratamiento Control (contenido normal de proteína y energía sin enzima) fue el que mejor desempeño mostró.

## CONCLUSIÓN

Con los resultados alcanzados se puede concluir que, al bajar los nutrientes del alimento (-45 kcal/kg en EMV; -3% en PC y AA) se afecta negativamente el desempeño de las aves en consumo, peso y relación peso/conversión hasta los 35 días de vida.

En tanto que, con el uso de una proteasa comercial es posible mejorar el desempeño de las aves que consumen una dieta con bajo contenido de energía, proteína cruda y aminoácidos, observándose una respuesta lineal en la mayoría de los parámetros analizados, pero sin alcanzar al tratamiento Control, lo que sugiere que se debería seguir realizando trabajos de investigación de dosis-respuesta con niveles más altos de proteasas hasta encontrar el *plateau* como respuesta de las aves, o bien al Control.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acamovic T. 2001. Commercial application of enzyme technology for poultry production. *World's Poultry Science Journal*, 57: 225-242.
- Ángel CR, Saylor W, Vieira SL, Ward N. 2011. Effects of a monocomponent protease on performance and protein utilization in 7- to 22-day-old broiler chickens. *Poultry Science*, 90(10): 2281-2286.
- Barucca F. 2016. Análisis tecnológicos y prospectivos sectoriales. Complejo productivo cárnico. URL: [http:// www.mincyt.gob.ar/adjuntos/archivos/000/047/0000047481.pdf](http://www.mincyt.gob.ar/adjuntos/archivos/000/047/0000047481.pdf). Acceso: 10-jul-2018.
- Bedford MR. 2000. Exogenous enzymes in monogastric nutrition – their current value and future benefits. *Animal Feed Science and Technology*, 86: 1-13.

- Charrière MV. 2014. Inhibidores de tripsina en complejo soja: Sus efectos sobre el desempeño de las aves. [Trabajo Final de Especialización]. *Especialización en Producción Avícola*, Universidad Nacional de Luján. 55 pp.
- Cobb. 2018. Cobb500. Suplemento informativo sobre rendimiento y nutrición de pollos de engorde. 14 pp.
- Cowieson AJ. 2005. Factors that affect the nutritional value of maize for broilers. *Animal Feed Science and Technology*, 119: 293-305.
- Cowieson AJ & Ravindran V. 2008. Effect of exogenous enzymes in maize-based diets varying in nutrient density for young broilers: growth performance and digestibility of energy, minerals and amino acids. *British Poultry Science*, 49(1):37-44.
- DAPP. 2003. [software de formulación]. *N-utrition 2.0*. Colón, Entre Ríos, Argentina.
- De Coca-Sinova A, Valencia DG, Jiménez-Moreno E, Lázaro R, Mateos GG. 2008. Apparent ileal digestibility of energy, nitrogen, and amino acids of soybean meals of different origin broilers. *Poultry Science*, 87(12):2613-2623.
- Di Rienzo JA, Casanoves F, Balzarini MG, González L, Tablada M, Robledo CW. 2012. [software estadístico]. *InfoStat*. Córdoba, Córdoba, Argentina.
- Ghazi S, Rooke JA, Galbraith H. 2003. Improvement of the nutritive value of soybean meal by protease and  $\alpha$ -galactosidase treatment in broiler cockerels and broiler chicks. *British Poultry Science*, 44(3): 410-418.
- Goldflus F, Ceccantini M, Santos W. 2006. Amino acid content of soybean samples collected in different Brazilian states harvest 2003/2004. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 8(2): 105-111.

- Gracia MI, Aranibar MJ, Lázaro R, Medel P, Mateos GG. 2003.  $\alpha$ -Amylase supplementation of broiler diets based on corn. *Poultry Science*, 82(3): 436-442.
- Kamel NF, Ragga NM, El-Banna RA, Mohamed FF. 2015. Effects of a monocomponents protease on performance parameters and protein digestibility in broiler chickens. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 6: 216-225.
- Leczneski JL. 2015. Aspectos del alimento que afectan la producción de pollos de engorde. En resumen del V Congreso Argentino de Nutrición Animal. CAENA. Parque Norte, CABA, Argentina. 19 y 20 de agosto.
- Lemme A, Ravindran V, Bryden WL. 2004. Ileal digestibility of amino acids in feed ingredients for broilers. *World's Poultry Science Journal*, 60: 423-438.
- Llerena Suster CRF. 2011. Fitoproteasas como biocatalizadores en síntesis orgánica en medios acuoso-orgánicos. [Tesis doctoral]. Universidad Nacional de La Plata. 200 pp.
- Mahagna M, Nir I, Larbier M, Nitsan Z. 1995. Effect of age and exogenous amylase and protease on development of the digestive tract, pancreatic enzyme activities and digestibility of nutrients in young meat-type chicks. *Reproduction Nutrition Development*, 35: 201-212.
- Marsman GJ, Gruppen H, Van der Poel AF, Kawakkel RP, Verstegen MW, Voragen AG. 1997. The effect of thermal processing and enzyme treatments of soybean meal on growth performance, ileal nutrient digestibilities, and chyme characteristics in broiler chicks. *Poultry Science*, 76(6): 864-872.
- Martínez-Alesón Sanz R, Korsbak A, Brugger R, Pontoppidan K. 2010. Proteasas para la Alimentación de las Aves. *Selecciones avícolas*, 52(11): 37-39.

- McDonald P, Edwards RA, Greenhalgh JFD, Morgan CA. 1995. *Animal Nutrition*, 5th edition. John Wiley and Sons, New York, USA. 607 pp.
- MinAgro, Ministerio de Agroindustria de la Nación Argentina. 2018. *Boletín Avícola. Anuario 2017*. Año XX, N° 80. 18 pp.
- Nagashiro C. 2008. Actualidad del uso de enzimas en la nutrición de aves. *1er Pre-Congreso de Enzimas. X Congreso de Avicultura*. Palacio de Eventos, Maracaibo, Zulia, Venezuela. 21 de mayo.
- Odetallah NH, Wang JJ, Garlich JD, Shih JCH. 2003. Keratinase in starter diets improves growth of broiler chicks. *Poultry Science*, 82(4): 664-670.
- Odetallah NH, Wang JJ, Garlich JD, Shih JCH. 2005. Versazyme supplementation of broiler diets improves market growth performance. *Poultry Science*, 84(6): 858-864.
- Palacios EP. 2003. El complejo agroindustrial avícola argentino. Reconversión y perspectiva de inserción en el mercado nacional e internacional. *Revista Aportes Para La Integración Latinoamericana* 13. URL: <https://revistas.unlp.edu.ar/aportes/article/view/3318/3192>. Acceso: 2-jul-2018.
- Palacios M, Easter RA, Soltwedel KT, Parsons CM, Douglas MW, Hymowitz T, Pettigrew JE. 2004. Effect of soybean variety and processing on growth performance of young pigs. *Journal of Animal Science*, 82(4):1108-1114.
- Parsons CM, Castanon F, Han Y. 1997. Protein and amino acid quality of meat and bone meal. *Poultry Science*, 76(2): 361-368.
- Peek HW, Van der Klis JD, Vermeulen B, Landman WJM. 2008. Dietary protease can alleviate negative effects of coccidiosis infection on production performance in broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology* 150: 151-159.

- Petterson D & Åman P. 1989. Enzyme supplementation of a poultry diet containing rye and wheat. *British Journal of Nutrition*, 62(1): 139-149.
- Rojas Oviedo LA. 2009. Utilización de tres niveles enzimático (proteasa 8000UI/g, xilanasas 600UI/g y amilasa 800UI/g) en dietas con el 3,5% menos de la relación energía proteína en la alimentación de pollos broiler. [Tesis de grado]. *Esc. Sup. Politécnica de Chimborazo*, Fac. Cs. Pecuarias, Esc. de Ingeniería Zootécnica, Riobamba, Ecuador. 109 pp.
- Romero Orellana AR. 2008. Evaluación de distintas relaciones de energía y proteína con la adición de un complejo enzimático (proteasa 8000UI/g, xilanasas 600UI/g y amilasa 800UI/g) como complemento de la ración en la alimentación de pollos broiler. [Tesis de grado]. *Esc. Sup. Politécnica de Chimborazo*, Fac. Cs. Pecuarias, Esc. de Ingeniería Zootécnica, Riobamba, Ecuador. 133 pp.
- Selle PH, Ravindran V, Caldwell RA, Bryden WL. 2000. Phytate and phytase: consequences for protein utilization. *Nutrition Research Reviews*, 13: 255-278.
- SENASA, Servicio Nacional de Sanidad Animal. 2015. Dirección de control de gestión y programas especiales. Información según registro único al 31-may-2015. URL: [http://www.senasa.gob.ar/prensa/DNSA/Control\\_Gestion\\_y\\_Programas\\_Especiales/Indicadores\\_ganaderos/6\\_Indicadores\\_Avicolas/Distribucion\\_Granjas\\_con\\_Produccion\\_de%20\\_Carne.jpg](http://www.senasa.gob.ar/prensa/DNSA/Control_Gestion_y_Programas_Especiales/Indicadores_ganaderos/6_Indicadores_Avicolas/Distribucion_Granjas_con_Produccion_de%20_Carne.jpg). Acceso: 11-nov-2018.
- Smith A & Martínez-Alesón R. 2012. Proteasas: Innovación en la alimentación; Importantes beneficios para la alimentación de pollos. En resumen de las *Jornadas Profesionales de Avicultura*. Sevilla, España. 8 al 11 de mayo.
- USDA, United States Department of Agriculture. 2017. Livestock and poultry: world markets and trade. URL: [https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/livestock\\_poultry.pdf](https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/livestock_poultry.pdf). Acceso: 1-oct-2018.

- ViceMinGan, Viceministerio de Ganadería, Ministerio de Agricultura y Ganadería de Paraguay. 2012. Manual de pollos parrilleros. URL: <http://www.mag.gov.py/manual%20de%20pollos%20parrilleros%20ue-pdf.pdf>. Acceso: 01-sep-2016.
- Waldroup PW, Café MB, Fritts CA, Greenwood MW. 2002. The Arkansas experience with avizyme. Poultry Science Department, University of Arkansas, Fayetteville, AR, USA. 10 pp.
- Wang X & Parsons CM. 1998. Effect of raw material source, processing systems, and processing temperatures on amino acid digestibility of meat and bone meals. *Poultry Science*, 77(6): 834-841.
- Zanella I., Sakomura NK, Silversides FG, Figueirido A, Pack M. 1999. Effect of enzyme supplementation of broiler diets based on corn and soybeans. *Poultry Science*, 78(4): 561-568.